

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

CLIPPEDIMAGE= JP02002162336A

PAT-NO: JP02002162336A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2002162336 A

TITLE: PROBE FOR ELECTROCONDUCTIVE SCANNING MICROSCOPE AND  
PROCESSING METHOD  
USING THIS PROBE

PUBN-DATE: June 7, 2002

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

NAKAYAMA, YOSHIKAZU

AKITA, SEIJI

HARADA, AKIO

OKAWA, TAKASHI

TAKANO, YUICHI

YASUTAKE, MASATOSHI

SHIRAKAWABE, YOSHIHARU

COUNTRY

N/A

N/A

N/A

N/A

N/A

N/A

N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

NAKAYAMA YOSHIKAZU

DAIKEN KAGAKU KOGYO KK

SEIKO INSTRUMENTS INC

COUNTRY

N/A

N/A

N/A

APPL-NO: JP2000403559

APPL-DATE: November 26, 2000

INT-CL (IPC): G01N013/16;B82B001/00 ;B82B003/00 ;G12B021/08

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a probe for  
electroconductive scanning  
microscope which can apply voltage and energize between  
electroconductive  
nano-tube as a probe and sample.

SOLUTION: The probe 20 for electroconductive scanning  
microscope in the  
scanning microscope probe for obtaining physical property

in formation of a  
specimen surface by a tip 14a of a electroconductive  
nano-tube probe 12 fixed  
in a cantilever 4 comprises a electroconductive film 17  
formed on the surface  
of the cantilever 4, the electroconductive nano-tube 12  
which is installed  
contacting the base edge 16 with a required part surface of  
the cantilever 4  
and an electroconductive sediment 18 which fixes the  
electroconductive  
nano-tube 12 by covering from the base edge 16 to a part of  
the  
electroconductive film 17. It has a feature to make the  
electroconductive  
nano- tube 12 and the electroconductive film 17 conductive  
by the  
electroconductive sediment 18.

COPYRIGHT: (C)2002,JPO

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-162336

(P2002-162336A)

(43)公開日 平成14年6月7日(2002.6.7)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード*(参考)
G 0 1 N 13/16		G 0 1 N 13/16	C
B 8 2 B 1/00		B 8 2 B 1/00	
	3/00		3/00
G 1 2 B 21/08		G 1 2 B 1/00	6 0 1 D

審査請求 未請求 請求項の数8 書面 (全 8 頁)

(21)出願番号 特願2000-403559(P2000-403559)

(22)出願日 平成12年11月26日(2000.11.26)

(71)出願人 599004210  
中山 喜萬  
大阪府枚方市香里ヶ丘1-14-2 9号棟  
404  
(71)出願人 591040292  
大研化学工業株式会社  
大阪府大阪市城東区放出西2丁目7番19号  
(71)出願人 000002325  
セイコーインスツルメンツ株式会社  
千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地  
(74)代理人 100084342  
弁理士 三木 久巳

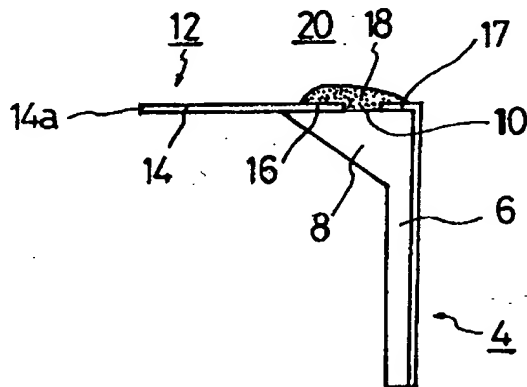
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 導電性走査型顕微鏡用プローブ及びこれを用いた加工方法

(57)【要約】

【課題】 探針となる導電性ナノチューブと試料の間に電圧を印加したり、通電させたりすることができる導電性走査型顕微鏡用プローブを実現する。

【解決手段】 本発明に係る導電性走査型顕微鏡用プローブ20は、カンチレバー4に固着された導電性ナノチューブ探針12の先端14aにより試料表面の物性情報を得る走査型顕微鏡用プローブにおいて、前記カンチレバー4の表面に形成された導電性被膜17と、カンチレバー4の所要部表面に基端部16を接触配置された導電性ナノチューブ12と、この導電性ナノチューブ12の基端部16から前記導電性被膜17の一部を被覆して導電性ナノチューブ12を固定する導電性堆積物18から構成され、導電性ナノチューブ12と導電性被膜17を導電性堆積物18により導通状態にすることを特徴としている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 カンチレバー4に固着された導電性ナノチューブ探針12の先端14aにより試料表面の物性情報を得る走査型顕微鏡用アプローブにおいて、前記カンチレバー4の表面に形成された導電性被膜17と、カンチレバー4の所要部表面に基端部16を接触配置された導電性ナノチューブ12と、この導電性ナノチューブ12の基端部16から前記導電性被膜17の一部を被覆して導電性ナノチューブ12を固定する導電性堆積物18から構成され、導電性ナノチューブ12と導電性被膜17を導電性堆積物18により導通状態にしたことを特徴とする導電性走査型顕微鏡用アプローブ。

【請求項2】 カンチレバー4に固着された導電性ナノチューブ探針12の先端14aにより試料表面の物性情報を得る走査型顕微鏡用アプローブにおいて、前記カンチレバー4の表面に形成された導電性被膜17と、この導電性被膜17の所要部表面に基端部16を接触配置された導電性ナノチューブ12と、その基端部16を被覆して導電性ナノチューブ12を固定する導電性堆積物18から構成され、導電性ナノチューブ12と導電性被膜17を導電性堆積物18により導通状態にしたことを特徴とする導電性走査型顕微鏡用アプローブ。

【請求項3】 前記導電性堆積物18の上に更に導電性ナノチューブ12と導電性被膜17に達する導電性コーティング膜22を被覆形成し、導電性ナノチューブ12とカンチレバー4の導通状態を確実にする請求項1又は2に記載の導電性走査型顕微鏡用アプローブ。

【請求項4】 カンチレバー4に固着した導電性ナノチューブ探針12の先端14aにより試料表面の物性情報を得る走査型顕微鏡用アプローブにおいて、前記カンチレバー4の所要部表面に基端部16を接触配置された導電性ナノチューブ12と、この基端部16を被覆して導電性ナノチューブ12をカンチレバー4に固定する導電性堆積物18と、この導電性堆積物18の上から導電性ナノチューブ12とカンチレバー4に到るように形成された導電性コーティング膜22から構成され、導電性ナノチューブ12とカンチレバー4を導通状態にすることを特徴とする導電性走査型顕微鏡用アプローブ。

【請求項5】 前記導電性コーティング膜22はナノチューブ12の先端部14及び先端14aを被覆するように形成される請求項3又は4に記載の導電性走査型顕微鏡用アプローブ。

【請求項6】 前記導電性コーティング膜を構成する導電性物質が磁性物質である請求項5に記載の導電性走査型顕微鏡用アプローブ。

【請求項7】 請求項5に記載の導電性走査型顕微鏡用アプローブ20を用い、その導電性コーティング膜22を金属膜で形成して金属源とし、この導電性走査型顕微鏡用アプローブ20と試料24間に所定電圧を印加して、ナノチューブ12の先端14aから試料表面24aに前記

金属源に属する金属原子を電界によりイオン放出し、試料表面24aに金属堆積物28を形成することを特徴とする導電性走査型顕微鏡用アプローブを用いた試料の加工方法。

【請求項8】 前記金属堆積物28の直径が50nm以下である請求項7に記載の加工方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、導電性ナノチューブを探針として用いて試料表面の構造を撮像する走査型顕微鏡用アプローブに関し、更に詳細には、導電性ナノチューブとカンチレバーを導電性堆積物、導電性被膜及び導電性コーティング膜により電気的に導通させ、導電性ナノチューブと試料間に電圧を印加したり通電を可能にした導電性走査型顕微鏡用アプローブ及びこれを用いた加工方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】AFMで略称される原子間力顕微鏡により試料表面の構造を撮像するには、試料表面に接触させて信号を取り出す探針が必要である。従来、この探針としてはカンチレバー部の先端に突出部（ピラミッド部とも呼ぶ）を形成したシリコン製又はシリコンナイトライド製のカンチレバーが知られている。

【0003】従来のカンチレバーは、リソグラフィ、エッチング等のマイクロファブリケーション技術を用いて作成されている。このカンチレバーは、突出部の先端で試料表面の原子間力を検出するから、先端の先鋭度により撮像精度が決まってしまう。そこで、探針となる突出部先端の先鋭加工には、半導体加工技術を利用した酸化工程と酸化膜のエッチング工程が利用されている。しかし、現在の半導体加工技術にも微小化の限界があるため、前記突出部先端の先鋭度にも物理的限界があった。

【0004】一方、新規な炭素構造としてカーボンナノチューブが発見された。このカーボンナノチューブは、直径が約1nmから数十nm、長さが数μmであり、アスペクト比（長さ／直径）は100～1000程度になる。現在の半導体技術では直径が1nmの探針を作成することは困難であり、この点から考えると、カーボンナノチューブはAFM用探針として最高の条件を備えている。

【0005】このような中で、H. Dai等はNATURE (Vol. 384, 14 November 1996)においてカーボンナノチューブをカンチレバーの突出部の先端に張り付けたAFM用アプローブを報告した。彼らのアプローブは画期的ではあったが、カーボンナノチューブを突出部に付着させたものに過ぎないため、試料表面を何回か走査している間にカーボンナノチューブが突出部から脱落してしまう性質があった。

【0006】本発明者等はこの弱点を解決するために、カーボンナノチューブをカンチレバーの突出部に強固に

固着させる固定方法を開発するに到った。この開発の成果は、特開2000-227435号として第1固定方法が、また特開2000-249712号として第2固定方法が公開されている。

【0007】前記第1の固定方法は、ナノチューブの基端部に電子ビームを照射してコーティング膜を形成し、このコーティング膜によりナノチューブをカンチレバー突出部に被覆固定する方法である。第2の固定方法は、ナノチューブの基端部に電子ビーム照射又は通電して、ナノチューブ基端部をカンチレバー突出部に融着固定する方法である。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】前述したように、市販されているカンチレバーは半導体加工技術を用いて生産されているため、その材質はシリコン又はシリコンナイトライドである。シリコンが半導体であるのに対して、シリコンナイトライドは絶縁体である。従って、カーボンナノチューブ等の導電性ナノチューブをカンチレバーの突出部に固定しても、カンチレバー自体が導電性を有していないために、導電性ナノチューブ探針と試料の間に電圧を印加したり、探針に電流を流すことはできなかった。

【0009】プローブが通電性を有さない場合には、その用途には大きな制限が存在することを意味する。例えば、このプローブをトンネル顕微鏡（STM）に用いることはできない。トンネル顕微鏡は探針と試料の間に流れるトンネル電流を検出して試料を撮像するからである。

【0010】また、このプローブを用いて試料表面上で原子を堆積させたり、原子を移動させたり、原子を取り出したりすることができない。このように原子を操作して試料を加工するには、探針に電圧を印加することが必要である。このナノ加工は、バイオと並ぶ21世紀の基本技術と考えられており、これができないということは、プローブ自体の将来性を狭めてしまうことに繋がる。

【0011】従って、本発明の目的とするところは、導電性ナノチューブからなる探針とカンチレバーを電気的に導通させて、導電性ナノチューブと試料の間に電圧を印加したり、通電させたりすることができる導電性走査型顕微鏡用プローブを実現することである。

【0012】

【課題を解決するための手段】請求項1の発明は、カンチレバーに固着された導電性ナノチューブ探針の先端により試料表面の物性情報を得る走査型顕微鏡用プローブにおいて、前記カンチレバーの表面に形成された導電性被膜と、カンチレバーの所要部表面に基端部を接触配置された導電性ナノチューブと、この導電性ナノチューブの基端部から前記導電性被膜の一部を被覆して導電性ナノチューブを固定する有機ガスの導電性分解堆積物から

構成され、導電性ナノチューブと導電性被膜を導電性分解堆積物により導通状態にしたことを特徴とする導電性走査型顕微鏡用プローブである。

【0013】請求項2の発明は、カンチレバーに固着された導電性ナノチューブ探針の先端により試料表面の物性情報を得る走査型顕微鏡用プローブにおいて、前記カンチレバーの表面に形成された導電性被膜と、この導電性被膜の所要部表面に基端部を接触配置された導電性ナノチューブと、その基端部を被覆して導電性ナノチューブを固定する導電性堆積物から構成され、導電性ナノチューブと導電性被膜を導電性堆積物により導通状態にしたことを特徴とする導電性走査型顕微鏡用プローブである。

【0014】請求項3の発明は、前記導電性堆積物の上に更に導電性ナノチューブと導電性被膜に達する導電性コーティング膜を被覆形成し、導電性ナノチューブとカンチレバーの導通状態を確実にする請求項1又は2に記載の導電性走査型顕微鏡用プローブである。

【0015】請求項4の発明は、カンチレバーに固着した導電性ナノチューブ探針の先端部により試料表面の物性情報を得る走査型顕微鏡用プローブにおいて、前記カンチレバーの所要部表面に基端部を接触配置された導電性ナノチューブと、この基端部を被覆して導電性ナノチューブをカンチレバーに固定する導電性堆積物と、この導電性堆積物の上から導電性ナノチューブとカンチレバー表面に到るように形成された導電性コーティング膜から構成され、導電性ナノチューブとカンチレバーを導通状態にすることを特徴とする導電性走査型顕微鏡用プローブである。

【0016】請求項5の発明は、前記導電性コーティング膜はナノチューブの先端部及び先端を被覆するように形成される請求項3又は4に記載の導電性走査型顕微鏡用プローブである。

【0017】請求項6の発明は、前記導電性コーティング膜を構成する導電性物質が磁性物質である請求項5に記載の導電性走査型顕微鏡用プローブである。

【0018】請求項7の発明は、請求項5に記載の導電性走査型顕微鏡用プローブを用い、その導電性コーティング膜を金属膜で形成して金属源とし、この導電性走査型顕微鏡用プローブと試料間に所定電圧を印加して、ナノチューブの先端から試料表面に前記金属源に属する金属原子を電界によりイオン放出し、試料表面に金属堆積物を形成することを特徴とする導電性走査型顕微鏡用プローブを用いた試料の加工方法である。

【0019】請求項8の発明は、前記金属堆積物の直径が50nm以下である請求項7に記載の加工方法である。

【0020】

【発明の実施の形態】本発明者等は導電性走査型顕微鏡用プローブの開発について鋭意検討した結果、導電性ナ

ノチューブとカンチレバーとの間を導電性被膜又は導電性コーティング膜により電気的に連結する方法を想到するに到った。

【0021】基本構造は、カンチレバーに導電性被膜を形成しておき、この導電性被膜と導電性ナノチューブを導電性堆積物で導通させる構造である。この導通性を確実にするために、導電性堆積物の上から導電性コーティング膜を形成し、導電性ナノチューブと導電性被膜を強制導通させる構造を採っている。

【0022】導電性ナノチューブとは、電気的な導通性を有するナノチューブである。一般に、導電性ナノチューブにはカーボンナノチューブ等があり、絶縁性ナノチューブにはBN系ナノチューブ、BCN系ナノチューブ等がある。しかし、この絶縁性ナノチューブの表面に導電性被膜を形成すれば、絶縁性ナノチューブを導電性ナノチューブに転換できる。導電性ナノチューブは加工により導電性を獲得したナノチューブも含む。

【0023】カンチレバーに形成される導電性被膜は、金属被膜やカーボン被膜などの電気的導通性を有する被膜を言う。その製法には、蒸着・イオンプレーティング・スパッタリング等の物理的蒸着法(PVD)や化学的気相反応法(CVD)、電気メッキや無電界メッキなど各種の方法が利用できる。このようにして形成された導電性被膜は外部電源を接続する電極の機能を有する。

【0024】導電性ナノチューブをカンチレバーに固着させる導電性堆積物は、炭化水素系ガスや有機金属ガスなどの有機ガスを電子ビームやイオンビーム等で分解しながら分解ガスを所要部に堆積させて形成される。材料はカーボン堆積物や金属堆積物などの導電性材料が利用される。

【0025】有機ガスが炭化水素系ガスの場合には、前記分解堆積物は炭素堆積物になる。一般に、炭素堆積物がグラファイト物質からなる場合には導電性を有するが、アモルファスカーボンからなる場合には膜厚により導電性から絶縁性に広く分布する。アモルファスカーボンでは膜厚が薄いと導電性になり、厚くなると絶縁性になる。従って、導電性の極薄膜炭素堆積物により導電性ナノチューブをカンチレバーの所要部に固着させて導通を確保することになる。

【0026】有機ガスが有機金属ガスの場合には、前記分解堆積物は金属堆積物となる。この金属堆積物は導電性を有するから、本発明の導電性堆積物として利用される。金属堆積物は膜厚の大小に拘わらず導電性を有するから、導電性を確実にするには炭素堆積物より金属堆積物の方が利便性が高い。

【0027】前記炭化水素系物質としては、メタン系炭化水素、エチレン系炭化水素、アセチレン系炭化水素、環状炭化水素などがあり、具体的にはエチレンやアセチレンなど比較的分子量の小さな炭化水素が好ましい。また、前記有機金属ガスとしては、例えばW(CO)<sub>6</sub>、

Cu(hfac)<sub>2</sub>(hfac:hexa-fluoro-acetyl-acetate)、(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>AlH、Al(CH<sub>2</sub>-CH)(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>、[(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>Al]<sub>2</sub>、(C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>3</sub>Al、(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>Al、(i-C<sub>4</sub>H<sub>9</sub>)<sub>3</sub>Al、(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>AlCH<sub>3</sub>、Ni(CO)<sub>4</sub>、Fe(CO)<sub>4</sub>、Cr[C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>]、Mo(CO)<sub>6</sub>、Pb(C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>4</sub>、Pb(C<sub>5</sub>H<sub>7</sub>O<sub>2</sub>)<sub>2</sub>、(C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>3</sub>PbOCH<sub>2</sub>C(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>、(CH<sub>3</sub>)<sub>4</sub>Sn、(C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>4</sub>Sn、Nb(OC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>5</sub>、Ti(i-OC<sub>3</sub>H<sub>7</sub>)<sub>4</sub>、Zr(C<sub>11</sub>H<sub>9</sub>O<sub>2</sub>)<sub>4</sub>、La(C<sub>11</sub>H<sub>9</sub>O<sub>2</sub>)<sub>3</sub>、Sr[Ta(OC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>6</sub>]<sub>2</sub>、Sr[Ta(OC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>5</sub>(OC<sub>2</sub>H<sub>4</sub>OCH<sub>3</sub>)]<sub>2</sub>、Sr[Nb(OC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>5</sub>(OC<sub>2</sub>H<sub>4</sub>OCH<sub>3</sub>)]<sub>2</sub>、Sr(C<sub>11</sub>H<sub>9</sub>O<sub>2</sub>)<sub>2</sub>、Ba(C<sub>11</sub>H<sub>9</sub>O<sub>2</sub>)<sub>2</sub>、(Ba, Sr)<sub>3</sub>(C<sub>11</sub>H<sub>9</sub>O<sub>2</sub>)<sub>6</sub>、Pb(C<sub>11</sub>H<sub>9</sub>O<sub>2</sub>)<sub>2</sub>、Zr(OC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>4</sub>、Zr(OC<sub>3</sub>H<sub>7</sub>)<sub>4</sub>、Ti(OC<sub>3</sub>H<sub>7</sub>)<sub>2</sub>(C<sub>11</sub>H<sub>9</sub>O<sub>2</sub>)<sub>2</sub>、Bi(OC<sub>5</sub>H<sub>11</sub>)<sub>3</sub>、Bi(C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>)<sub>3</sub>、Ta(OC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>5</sub>、Ta(OC<sub>3</sub>H<sub>7</sub>)<sub>5</sub>、Nb(OC<sub>3</sub>H<sub>7</sub>)<sub>5</sub>、Ge(OC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>4</sub>、Y(C<sub>11</sub>H<sub>9</sub>O<sub>2</sub>)<sub>3</sub>、Ru(C<sub>11</sub>H<sub>9</sub>O<sub>2</sub>)<sub>3</sub>、Ru(C<sub>5</sub>H<sub>4</sub>C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>2</sub>、Ir(C<sub>5</sub>H<sub>4</sub>C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)(C<sub>8</sub>H<sub>12</sub>)、Pt(C<sub>5</sub>H<sub>4</sub>C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>、Ti[N(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>]<sub>4</sub>、Ti[N(C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>2</sub>]<sub>4</sub>、As(OC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>3</sub>、B(OCH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>、Ca(OCH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>、Ce(OC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>3</sub>、Co(OC<sub>3</sub>H<sub>7</sub>)<sub>2</sub>、Dy(OC<sub>3</sub>H<sub>7</sub>)<sub>2</sub>、Er(OC<sub>3</sub>H<sub>7</sub>)<sub>2</sub>、Eu(OC<sub>3</sub>H<sub>7</sub>)<sub>2</sub>、Fe(OCH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>、Ga(OC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>3</sub>、Gd(OC<sub>3</sub>H<sub>7</sub>)<sub>3</sub>、Hf(OCH<sub>3</sub>)<sub>4</sub>、In(OCH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>、KOCH<sub>3</sub>、LiOCH<sub>3</sub>、Mg(OCH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>、Mn(OC<sub>3</sub>H<sub>7</sub>)<sub>2</sub>、NaOCH<sub>3</sub>、Nd(OC<sub>3</sub>H<sub>7</sub>)<sub>3</sub>、Po(OC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>3</sub>、Pr(OC<sub>3</sub>H<sub>7</sub>)<sub>3</sub>、Sb(OCH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>、Sc(OC<sub>3</sub>H<sub>7</sub>)<sub>3</sub>、Si(OC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>4</sub>、VO(OCH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>、Yb(OC<sub>3</sub>H<sub>7</sub>)<sub>3</sub>、Zn(OCH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>等が利用できる。

【0028】導電性コーティング膜は、導電性堆積物を被うように形成され、しかも導電性ナノチューブから導電性被膜に亘って被覆形成される。つまり、導電性ナノチューブと導電性被膜を導電性コーティング膜により導通させるものである。また、導電性被膜がない場合でも、この導電性コーティング膜をカンチレバー部表面にまで形成して、電極膜として利用する。

【0029】従って、導電性コーティング膜は極めて狭い領域に形成される場合も、広い領域に亘って形成される場合も存する。狭い領域に形成する場合には、導電性堆積物の形成方法を採用できる。つまり、狭い領域で

は、電子ビームやイオンビーム等のビームを利用して有機ガスを分解し、この分解ガスを局所的に堆積させて導電性コーティング膜を形成する。また、広い領域では、蒸着・イオンプレーティング・スパッタリング等の物理的蒸着法(PVD)や化学的気相反応法(CVD)、電気メッキや無電界メッキなど各種の方法が利用できる。

【0030】導電性コーティング膜がナノチューブの先端及び先端部を被覆して形成される場合には、ナノチューブ探針にその導電性物質の性質を付与することになる。例えば、導電性物質としてFe、Co、Ni等の強磁性金属を用いた場合には、ナノチューブ探針が試料表面の磁性を検出できる。つまり、このプローブが試料の磁性分布などを検出する磁気力顕微鏡(MFM)の探針と機能することができる。

【0031】先端まで金属被覆されたこの導電性走査型顕微鏡用プローブを試料に接近させ、試料を陰極、プローブを陽極となるように試料・プローブ間に電圧を印加すると、ナノチューブ先端と試料間に形成される超高電界によりナノチューブ先端の金属がイオン化される。この金属イオンが電界により試料表面に衝突し、試料表面に金属堆積物が形成される。このように、電圧の印加によって、試料に対し金属原子の移動・堆積などの加工を行うことができる。

【0032】以下に、本発明に係る導電性走査型顕微鏡用プローブ及びこれを用いた加工方法の実施形態を図面に従って詳細に説明する。

【0033】図1は本発明に係る導電性走査型顕微鏡用プローブの第1実施形態の概略説明図である。カンチレバー4はAFMの探針として用いられる部材で、カンチレバー部6とその先端に突出状に形成された突出部8から構成される。このカンチレバー4には、カンチレバー部6から突出部表面17に到るまで導電性皮膜17が形成されている。この導電性皮膜17は金属や炭素などの導電性材料から構成されている。

【0034】突出部表面10には、カーボンナノチューブ等の導電性ナノチューブ12の基端部16が接触して配置され、この実施形態では基端部16と導電性被膜17とは接触していない。導電性ナノチューブ12の先端部14は外方に突出しており、その先端14aが信号検出用の探針先端となる。

【0035】基端部16は金属や炭素などの導電性堆積物18により突出部表面10に強固に固着されており、この導電性堆積物18によって導電性ナノチューブ12がカンチレバー4と一体に固定されて導電性走査型顕微鏡用プローブ20(以後プローブと称する)が完成する。導電性堆積物18による固定が強固であるほど、導電性ナノチューブ12の脱落は無くなり、プローブ20の耐久性が向上する。

【0036】また、この導電性堆積物18は導電性被膜17の一端を被って形成されている。従って、導電性ナ

ノチューブ12と導電性被膜17とは導電性堆積物18により電氣的に導通状態にある。カンチレバー部6の導電性被膜17は電極膜の機能を有し、この電極を通して導電性ナノチューブ12に電圧を印加したり、通電させたりできる。

【0037】図2は本発明に係る導電性走査型顕微鏡用プローブの第2実施形態の概略説明図である。図1と同一部分には同一番号を付してその説明を省略し、異なる部分を以下に説明する。この実施形態では、導電性皮膜17はカンチレバー部6だけでなく突出部8の全表面にまで形成されている。

【0038】導電性ナノチューブ12の基端部16は突出部表面10の導電性皮膜17上に接触配置される。この基端部表面を被うように導電性堆積物18が形成されて導電性ナノチューブ12を強固にカンチレバー4に固着し、プローブ20が完成する。基端部16が導電性被膜17に接触しているから、両者は電氣的に導通している。この導通を確実にするために導電性堆積物18が機能する。

【0039】基端部16と導電性被膜17の間に何らかの理由で汚れなどの絶縁物が介在する場合には、基端部16と導電性被膜17の導通は確実ではない。この場合には、両者の導通性は導電性堆積物18によって達成される。即ち、この実施形態では、導電性ナノチューブ12と導電性被膜17との接触、及び導電性堆積物による両者間の強制導通と2重の電氣的導通が確保され、導通の確実性が保証される。

【0040】図3は本発明に係る導電性走査型顕微鏡用プローブの第3実施形態の概略説明図である。この第3実施形態は、導電性コーティング膜22を第2実施形態に形成したものである。即ち、導電性コーティング膜22を導電性堆積物18を被うように導電性ナノチューブ12から導電性被膜17に亘って形成し、導電性ナノチューブ12と導電性被膜17の電氣的導通を更に確実に保証するものである。

【0041】図4は本発明に係る導電性走査型顕微鏡用プローブの第4実施形態の概略説明図である。この第4実施形態では、導電性被膜17をカンチレバー4に形成していない。作成手順は、導電性ナノチューブ12の基端部16をカンチレバー4の突出部表面10に接触配置し、その上から導電性堆積物18を形成して強固に固着し、更にその上から導電性コーティング膜22を形成してプローブ22を完成する。

【0042】この導電性コーティング膜22は、導電性堆積物18を被うように導電性ナノチューブ12からカンチレバー部6に亘って形成され、カンチレバー部6上の導電性コーティング膜22が電極膜として機能する。従って、この導電性コーティング膜22により導電性ナノチューブ12とカンチレバー4とを導通させ、この導電性コーティング膜22から外部電源により導電性ナノ



チューブ12に対し電圧印加や通電を行う。

【0043】図5は本発明に係る導電性走査型顕微鏡用プローブの第5実施形態の概略説明図である。この第5実施形態は、第3実施形態の導電性コーティング膜22をナノチューブ12の先端部14を被覆するように延長形成したものである。この導電性コーティング膜22は先端22aを被覆しており、導電性物質の性質を探針に付与するものである。

【0044】導電性コーティング膜がFe、Co、Niのような強磁性金属原子から構成される場合には、ナノチューブ探針が試料の磁性を検出する性質を有する。つまり、試料表面の磁性を探針先端の強磁性金属が検出し、試料表面の磁気像を撮像できるようになる。

【0045】図6は本発明に係る導電性走査型顕微鏡用プローブの第6実施形態の概略説明図である。この第6実施形態は、第4実施形態の導電性コーティング膜22をナノチューブ12の先端部14を被覆するように延長形成したものである。この導電性コーティング膜22は先端22aを被覆しており、導電性物質の性質を探針に付与している。この探針の機能は第5実施形態と同様であるから、その説明を省略する。

【0046】図7は、本発明に係る導電性走査型顕微鏡用プローブを用いて試料表面に微小ドットを形成する概略説明図である。プローブ20は第5実施形態で作成された導電性走査型顕微鏡用プローブで、このプローブ20の導電性被膜17と試料24の間に電源26を接続し、例えば10V程度の直流電圧を印加する。

【0047】導電性コーティング被膜22を金属で形成し、導電性被膜17を陽極、試料24を陰極になるように電圧を印加すると、コーティング被膜先端22aから試料表面に超高電界が点線のように形成される。この電界により、金属原子がイオン化され、電界力によって矢印a方向に加速され、試料表面に堆積して微小ドット28が堆積形成される。

【0048】ナノチューブ12の直径は最小で約1nmであり、この細いナノチューブ12を金属源とするため、直径が50nm以下の微小ドットを容易に形成することができる。この微小ドット28を用いて試料表面24aにナノ回路やナノ構造物などを形成できるため、本発明のプローブ20を用いてナノエンジニアリングの一手法を確立することができる。

【0049】本発明は上記実施例に限定されるものではなく、本発明の技術的思想を逸脱しない範囲における種々の変形例や設計変更なども本発明の技術的範囲内に包含されることは言うまでもない。

【0050】

【発明の効果】請求項1の発明によれば、導電性ナノチューブと導電性被膜を導電性分解堆積物により導通状態にするから、外部電源を導電性被膜に接続して導電性ナノチューブに電圧を印加したり、通電することができる

導電性走査型顕微鏡用プローブを提供できる。

【0051】請求項2の発明によれば、導電性皮膜の所要部表面に導電性ナノチューブの基端部を接触配置して導電性皮膜と導電性ナノチューブをまず導通させ、さらに基端部を被覆する導電性堆積物を形成して両者間の導通を確実に保証する。従って、導電性ナノチューブの固定と同時に電圧印加及び通電を確実に保証できる導電性走査型顕微鏡用プローブを提供できる。

【0052】請求項3の発明によれば、導電性堆積物の上に更に導電性ナノチューブと導電性被膜に達する導電性コーティング膜を被覆形成するから、導電性ナノチューブとカンチレバーの導通状態をより一層確実にする導電性走査型顕微鏡用プローブを提供できる。

【0053】請求項4の発明によれば、導電性堆積物の上から導電性ナノチューブとカンチレバー表面に到るように導電性コーティング膜を形成し、この導電性コーティング膜を導電性被膜として利用するから、構造が簡単で安価に導通性を確保できる導電性走査型顕微鏡用プローブを提供できる。

【0054】請求項5の発明によれば、導電性コーティング膜をナノチューブの先端部及び先端を被覆するように形成しているから、ナノチューブ探針に導電性物質の性質を付与できる。この特定の性質を有するプローブを用いて、この性質が敏感に感応する試料表面の特定の物性を高感度に検出することができる。

【0055】請求項6の発明によれば、前記導電性コーティング膜を構成する導電性物質が磁性金属であるから、このプローブを用いて試料表面を走査すると、試料表面の原子レベルでの磁気情報を高感度に検出することができる。

【0056】請求項7の発明によれば、請求項5に記載の導電性走査型顕微鏡用プローブを用いて、電圧の印加によりプローブから試料表面上に金属原子を自在に移動させることができ、試料表面にナノ回路やナノ構造物を形成することができる。

【0057】請求項8の発明によれば、直径が50nm以下という極小のナノ構造物を試料表面に形成することが可能になり、ナノエンジニアリングの一手法を確立することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る導電性走査型顕微鏡用プローブの第1実施形態の概略説明図である。

【図2】本発明に係る導電性走査型顕微鏡用プローブの第2実施形態の概略説明図である。

【図3】本発明に係る導電性走査型顕微鏡用プローブの第3実施形態の概略説明図である。

【図4】本発明に係る導電性走査型顕微鏡用プローブの第4実施形態の概略説明図である。

【図5】本発明に係る導電性走査型顕微鏡用プローブの第5実施形態の概略説明図である。

【図6】本発明に係る導電性走査型顕微鏡用プローブの第6実施形態の概略説明図である。

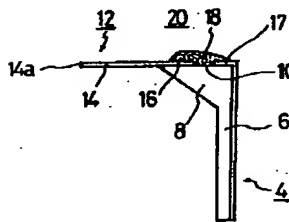
【図7】本発明に係る導電性走査型顕微鏡用プローブを用いて試料表面に微小ドットを形成する概略説明図である。

【符号の説明】

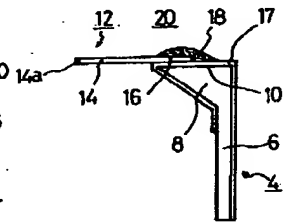
4・・・カンチレバー  
6・・・カンチレバー部  
8・・・突出部  
10・・・突出部表面  
12・・・ナノチューブ  
14・・・先端部

14a・・・先端  
16・・・基端部  
17・・・導電性被膜  
18・・・導電性堆積物  
20・・・走査型顕微鏡用プローブ  
22・・・導電性コーティング膜  
22a・・・導電性コーティング膜先端  
24・・・試料  
24a・・・試料表面  
26・・・電源  
28・・・微小ドット

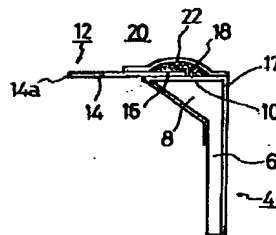
【図1】



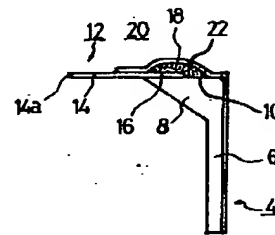
【図2】



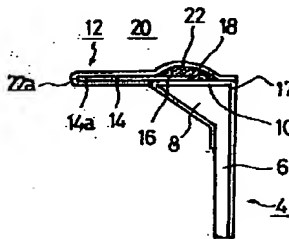
【図3】



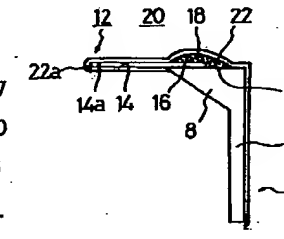
【図4】



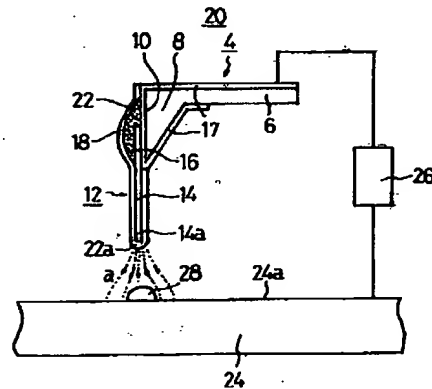
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(72)発明者 中山 喜萬

大阪府枚方市香里ヶ丘1丁目14番地の2、  
9-404

(72)発明者 秋田 成司

大阪府和泉市池田下町1248番地の4

(72)発明者 原田 昭雄

大阪府大阪市城東区放出西2丁目7番19号  
大研化学工業株式会社内

(72)発明者 大川 隆

大阪府大阪市城東区放出西2丁目7番19号  
大研化学工業株式会社内

(72)発明者 高野 雄一

大阪府大阪市城東区放出西2丁目7番19号  
大研化学工業株式会社内

(72)発明者 安武 正敏

静岡県駿東郡小山町竹之下36-1 セイコ  
ーインスツルメンツ株式会社小山工場内

(72)発明者 白川部 喜治  
静岡県駿東郡小山町竹之下36-1 セイコ  
ーインスツルメンツ株式会社小山工場内